

Attorney Docket # 4780-13

Express Mail #EL296713995US

Patent

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Georg REIF et al.

Serial No.: n/a

Filed: concurrently

For: Plastic Structural Element With Inserts



**LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT**

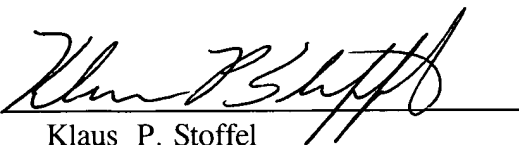
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is the certified documentation as follows:

Application No. **0610/99**, filed on March 31, 1999, in Switzerland, upon which the priority claim is based.

Respectfully submitted,  
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By 

Klaus P. Stoffel  
Reg. No. 31,668  
551 Fifth Avenue, Suite 1210  
New York, New York 10176  
(212) 687-2770

Dated: March 31, 2000





- 2236 -

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

jc542 U.S. PTO

09/540028



03/31/00

**Bescheinigung**

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

**Attestation**

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

**Attestazione**

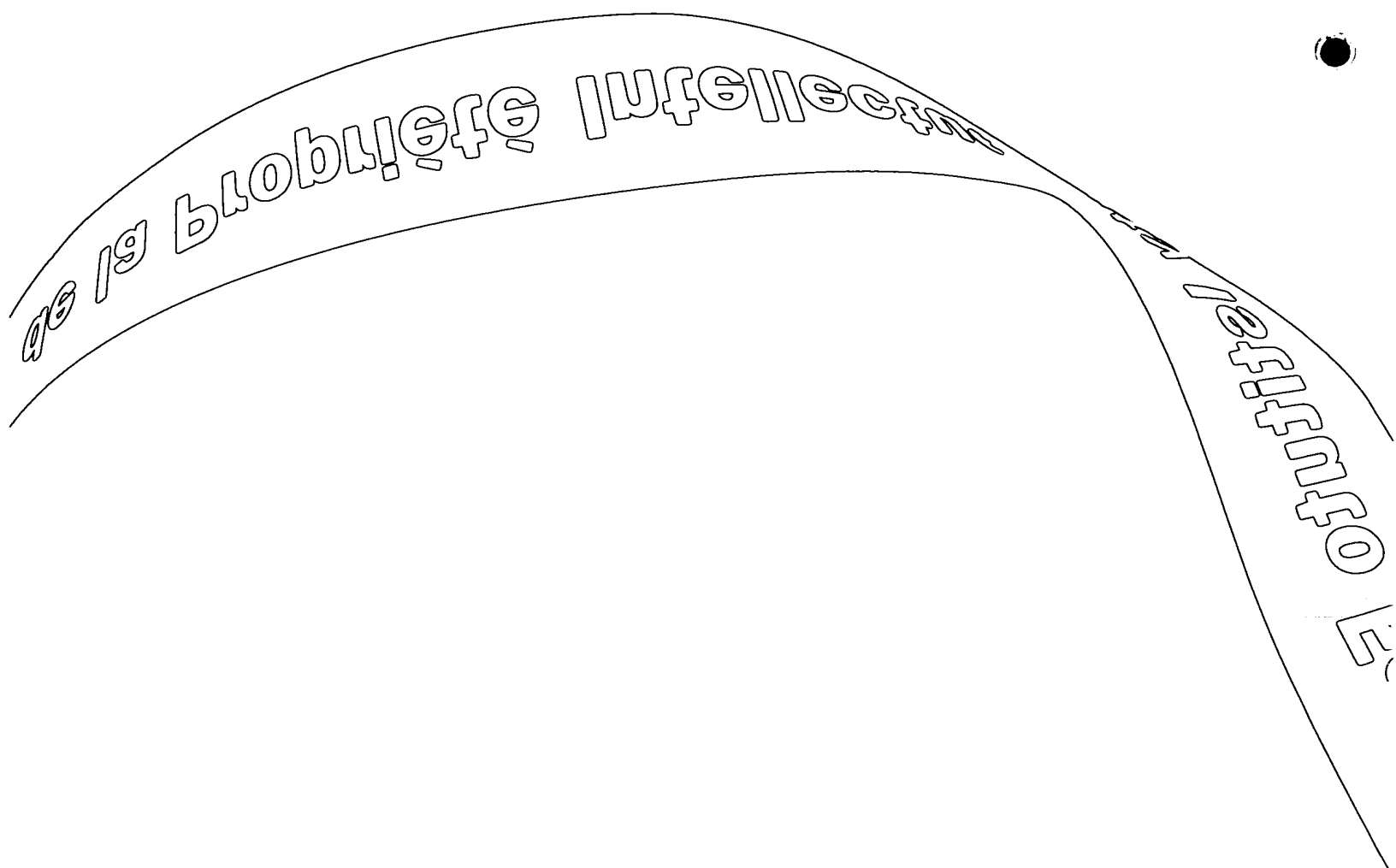
Gli uniti documenti sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, - 9. Feb. 2000

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

  
Rolf Hofstetter



de la proprietate intelectuală

Institutul

**Patentgesuch Nr. 1999 0610/99**

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:  
Kunststoffbauelement mit Einlegeteilen.

Patentbewerber:  
Alusuisse Technology & Management AG

8212 Neuhausen am Rheinfall

Anmeldedatum: 31.03.1999

Voraussichtliche Klassen: E04C



**Unveränderliches Exemplar**  
**Exemplaire invariable**  
**Esemplare immutabile**

610/99

**ALUSUISSE-TECHNOLOGY & MANAGEMENT AG ,**  
**CH-8212 Neuhausen am Rheinfall**

**Kunststoffbauelement mit Einlegeteilen**

31.3.1999  
TCBG-PB  
-2230-

## Kunststoffbauelement mit Einlegeteilen

Vorliegende Erfindung betrifft ein Kunststoffbauelement aus einem Kunststoffwerkstoff und einem oder mehreren Einlegeteilen mit einem Verbundabschnitt, wobei die Einlegeteile im  
5 Vergleich zum Kunststoffwerkstoff gleiche oder unterschiedliche Steifigkeiten und/oder Wärmedehnzahlen aufweisen. Im Rahmen der Erfindung liegt auch ein Verfahren zur Herstellung von erfindungsgemässen Kunststoffbauelementen. Die Erfindung betrifft weiters die Verwendung von erfindungsgemässen Kunststoffbauelementen.

Der günstigen Materialeigenschaften wie geringes Gewicht, Korrosionsbeständigkeit, der  
10 beinahe uneingeschränkten Formgebungsmöglichkeiten und der hohen Festigkeit wegen, werden verstärkte Kunststoffe immer häufiger im Fahrzeug- und Flugzeugbau und im Bauwesen verwendet. So werden verstärkte Kunststoffe beispielsweise im Fahrzeugbau für Karosserieteile wie Kofferraumdeckel, Motorhauben oder Heck-Spoiler eingesetzt, wobei insbesondere glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) und kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe  
15 (CFK) sowie aramidfaserverstärkte Kunststoffe verbreitet Anwendung finden. Seit man den Einsatz von schwer brennbaren Kunststoffen kennt, werden verstärkte Kunststoffe auch in Bereichen eingesetzt, in welchen dies aus Gründen der Brandsicherheit bisher nicht möglich war.

Die Montage oder das Fügen von solchen Kunststoffbauelementen mit Metallbauteilen oder  
20 auch mit anderen Kunststoffbauteilen, d.h. die Verbindungsverfahren, stellen jedoch höchste Anforderungen an den Konstrukteur. Insbesondere kontinuierlich faserverstärkte Kunststoffbauelemente können nicht ohne weiteres direkt mit mechanischen Befestigungsmitteln wie beispielsweise Nieten oder Schrauben mit anderen Bauteilen verbunden werden, da Unterschiede in der Festigkeit, der Steifigkeit und der Elastizität zwischen den einzelnen  
25 Werkstoffen an dessen Verbindungsflächen zu lokalen Schwachstellen führt.

Für Verbindungen zwischen Metall- und verstärkten Kunststoffbauelementen werden oft auch Klebeverbindungen angewendet. Diese erfordern jedoch sehr reine Klebeflächen und bedingen deshalb oft eine vorgängige spezielle Oberflächenbehandlung. Sie erfordern ein aufwendiges und zeitraubendes Arbeiten unter höchsten Reinheitsbedingungen. Klebever-  
30 bindungen zeigen häufig eine nur beschränkte Festigkeit oder bedingen recht grosse Klebeflächen, was wiederum zu Einschränkungen der Konstruktionsmöglichkeiten führt.

Weiters ist bekannt, Einlegeteile aus Metall, wie beispielsweise Gewindebuchsen, in die Kunststoffbauelemente zu integrieren. Diese dienen als Verbindungsschnittstelle für Schraubverbindungen mit anderen Bauelementen beispielsweise mit Metallstrukturen. Bei  
35 den genannten Einlegeteilen handelt es sich jedoch um verhältnismässig kleine Teile welche

ganz lokal in den Kunststoffwerkstoff miteingebaut werden. Diese Einlegeteile weisen häufig eine komplexe Oberflächenstruktur auf, um eine zufriedenstellende Festigkeit der Metall-Kunststoff-Verbindung zu erreichen. Die Anwendung solcher Einlegeteile ist teuer und beschränkt sich auf Kunststoffgussteile, insbesondere auf Spritzgussteile, welche keine faserverstärkten Kunststoffe sind oder höchstens Kurzfasern enthalten. Diese Anwendung ist für den Karosseriebau nicht besonders geeignet.

DE 37 21 577 C2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Kunststoffmuffen mit Metalleinsatz, der einen zylindrischen und aussen mit einer zahnartigen Riffelung versehenen Abschnitt aufweist, wobei zunächst die Kunststoffmuffe hergestellt wird und nachfolgend der Metalleinsatz in eine Aufnahmeöffnung der Kunststoffmuffe eingebracht wird und die Riffelung bzw. Zahnung am Metalleinsatz unter Anwendung von Druck in die Innenwandung der Aufnahmeöffnung eingedrückt wird und der Kunststoff neben der Anwendung von Druck zusätzlich noch erwärmt wird. Dieses Verfahren eignet sich jedoch nicht für faserverstärkte Kunststoffe, insbesondere für solche mit hohem Fasergehalt. Verfahren, in welchen der Metalleinsatz direkt bei der Herstellung des Kunststoffteils einlamiert wird sind gemäss DE 37 21 577 C2 unbefriedigend, da die grosse Verschiedenheit der beiden Werkstoffe zu Diskontinuitäten und Leckbildung im Verbundkörper führt.

EP 0 872 650 A1 beschreibt ebenfalls einen Metalleinsatz, welcher unter Erwärmung des Kunststoffteiles in eine Aufnahmeöffnung desselben eingeführt wird. Auch dieses Verfahren eignet sich nicht für faserverstärkte Kunststoffe und ergibt nicht die gewünschte Festigkeit für höchste Beanspruchung.

DE 41 17 167 C2 beschreibt einen Metalleinsatz, welcher in der Form eines Metallträgers ausgebildet ist und vollständig in das Kunststoffteil einlamiert ist. Sogenannte Rundmaterialabschnitte am Metallträger werden mit Gewindebohrungen versehen und bilden sogenannte Gewindeeinsätze für Schraubverbindungen. Die Herstellung solcher Verbundkörper ist ebenfalls sehr aufwendig, da der Kunststoff aus einem Grund- und Überlaminat aufgebaut wird. Im weiteren erlauben die Rundmaterialabschnitte im wesentlichen lediglich die Verwendung von Schraubverbindungen.

In allen vorgenannten Beispielen ist im weiteren das Problem des Steifigkeitssprunges und der unterschiedlichen Wärmedehnzahlen zwischen den beiden Werkstoffen Metall und Kunststoff unbefriedigend gelöst.

Einlegeteile aus Metall in Kunststoffwerkstoffen sind bekanntlich mit dem Problem behaftet, dass die beiden Werkstoffe Kunststoff und Metall sehr unterschiedliche Elastizitäten bzw. Steifigkeiten aufweisen, wodurch an den Verbindungsflächen Schwächezonen entstehen. Der Wert des Elastizitätsmoduls, nachfolgend E-Modul genannt, kann zum Beispiel bei

mit Kohlenstofffasern verstärkten Kunststoffen (CFK) um rund das Vierfache höher liegen als bei Metallwerkstoffen wie beispielsweise Aluminium. Da die Steifigkeit eines Materials aus dem Produkt von E-Modul und Flächenträgheitsmoment berechnet wird, kommt es an den Verbindungsflächen der beiden Werkstoffe zu einem markanten Steifigkeitssprung.

- 5 Weiters erlaube es das hohe Flächenträgheitsmoment von ebenen, flächigen oder bandförmigen Einlegeteilen, beispielsweise aus Metall, wegen des zu hohen Steifigkeitssprunges an den Verbindungsflächen zum Kunststoffwerkstoff bisher nicht, grössere und flächige Einlegeteile als Verbindungselemente, beispielsweise ein Metallband bzw. Metallblech, kraftübertragend in ein Kunststoffbauelement einzubetten.
- 10 Im weiteren weisen Metallwerkstoffe und Kunststoffe in der Regel ein unterschiedliches Wärmeausdehnungsverhalten auf, d. h. sie haben jeweils unterschiedliche Wärmedehnzahlen (kubische und lineare Wärmeausdehnungszahlen). Dies führt bei Temperaturänderungen zu Spannungen, die so hoch sein können, dass es an den Verbindungsflächen der beiden Werkstoffe zu Ablösungserscheinungen kommt.
- 15 Aus oben genannten Gründen entstehen an den Verbindungsflächen zwischen Kunststoffwerkstoff und Einlegeteil Schwachstellen, welche die Belastungsgrenzen einer Baugruppenstruktur bzw. eines Kunststoffbauelementes erheblich herabsetzen.

Die Werkstätten sind deshalb im allgemeinen nicht ausgerüstet, Verbindungen von hoher Qualität und Festigkeit zwischen verstärkten Kunststoffwerkstoffen und Metalleinlegeteilen herzustellen, weswegen es von grosser Bedeutung, ist Kunststoffbauelemente zu fertigen, die bereits über die notwendigen Verbindungsschnittstellen in Form von Einlegeteilen zum Befestigen von Metallstrukturen oder anderen Strukturen mit beispielsweise mechanischen Befestigungsmitteln aufweisen.

Vorliegender Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, kostengünstige Bauelemente oder Bauteile aus Kunststoff, insbesondere aus verstärktem Kunststoff, mit Verbindungsschnittstellen in Form von Einlegeteilen, insbesondere flächigen Einlegeteilen, vorzugsweise aus Metall, zu schaffen, bei welchen die Verbindung zwischen dem Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes und den Einlegeteilen trotz der unterschiedlichen Elastizität bzw. Steifigkeit und der unterschiedlichen Wärmeausdehnung der beiden Werkstoffe eine hohe mechanische Festigkeit, Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit aufweist.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass das Kunststoffbauelement wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist:

- a.) das Einlegeteil ist mit dem Kunststoffwerkstoff über eine Kopplungsschicht aus Kunststoff verbunden und die Kopplungsschicht führt eine graduelle oder gleichmässige Angleichung des die Steifigkeit bestimmenden E-Moduls und/oder der

Wärmedehnzahl zwischen dem Kunststoffwerkstoff und dem Einlegeteil herbei und/oder

- b.) die Ausgestaltung der Form des Verbundabschnittes des Einlegeteils bewirkt eine Abminderung des Steifigkeitssprunges am Werkstoffverbund und/oder
- 5 c.) das Einlegeteil weist Ankerelemente auf oder besteht aus einem solchen, wobei der Werkstoffverbund zwischen dem Kunststoffwerkstoff und dem Einlegeteil eine verbesserte Festigkeit und Dauerhaftigkeit aufweist und höhere Belastungen aushält.

Unter Verbundabschnitt ist der in den Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes integrierte oder zu integrierende Abschnitt des Einlegeteils oder der mit wenigstens einer Flächenseite mit dem Kunststoffwerkstoff verbundene oder zu verbindende Abschnitt des Einlegeteils zu verstehen.

Das Kunststoffbauelement, auch Kunststoffstruktur genannt, ist aus einem vorzugsweise verstärkten, insbesondere faserverstärkten Kunststoff (FVK) gefertigt. Als Verstärkungsfasern können insbesondere anorganische Fasern, wie Glasfasern, Kohlenstoff- oder Graphitfasern, Metallfasern, keramische Fasern, oder Fasern aus Cellulosederivaten oder aus thermoplastischen Kunststoffen, wie z.B. Polyvinylchloride, Polyacrylonitrile, Polyacryle, Polyolefine, z.B. Polypropylen, Polyester, Polyamide oder Kunststofffasern bekannt unter Kevlar bzw. Aramid, etc., oder Naturfasern, wie faserartige Silikatminerale, Jute, Sisal, Hanf, Baumwolle, Ramiefasern, verwendet werden. Die Kunststoffe können auch mit Gewe-

15  
20

ben, Gewirken, Matten, Rovings oder Vliesen aus genannten Materialien verstärkte Kunststoffe sein. Als Verstärkungsmaterial können auch Schichten, Stäbe, Platten oder Folien aus geeigneten Materialien, beispielsweise aus oben genannten Materialien, in den Kunststoff eingelegt sein. Vorzugsweise sind die Kunststoffbauelemente CFK, GFK oder aramidfaserverstärkte Kunststoffe.

25 Der Fasergehalt des Kunststoffbauelements liegt zweckmässig im Bereich von 20 - 80 Vol.-% (Volumen-Prozent), insbesondere von 30 - 70 Vol.-% und bevorzugt im Bereich von 55 - 65 Vol.-%. Liegt der Fasergehalt um 60 Vol.-%, so erhält man Faserverbund-Kunststoffe von besonders hoher Steifigkeit und Belastbarkeit.

Der Kunststoff kann im weiteren, beispielsweise neben Verstärkungsfasern, auch Füllstoffe enthalten, welche beispielsweise grob- oder feinkörnig, plättchenförmig, sein können. Füllstoffe, wie beispielsweise Kalziumkarbonat, Kaolin, Glas, Glimmer, Talk, Silikat, Wollastonit oder Aluminiumoxide, reduzieren den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Kunststoffes. Füllstoffe, wie Aluminiumoxide und Antimonoxid, können verwendet werden, um die Feuerfestigkeit des Kunststoffes zu erhöhen, was insbesondere im Karosseriebau von

30  
35

Bedeutung ist, und Füllstoffe wie Glimmer und Silikate können eingesetzt werden, um die

chemische Widerstandsfähigkeit des Kunststoffes zu erhöhen. Elektrisch leitendes Füllmaterial, wie Metallpulver und Graphit oder Russ, wird verwendet, um statisches Aufladen des Kunststoffes zu vermeiden. Füllstoffe, wie beispielsweise Kalk, Kohlepartikel oder Titandioxid, können als Pigmente eingesetzt werden. Farbpigmente können zur Einfärbung der  
5 Kunststoffe zugesetzt werden.

Der matrix-bildende Kunststoff des Kunststoffwerkstoffes im Kunststoffbauelement kann ein thermoplastischer Kunststoff (Thermoplast) oder duroplastischer Kunststoff (Duroplast) sein. Als Thermoplaste werden insbesondere Polyolefine, Polyvinylchlorid, Polystyrole, Styrol-Copolymerisate, Polystyrolschaum, Polystyrol schlagfest, Styrol-Acrylnitril-  
10 Copolymersate, Acrylnitril-Butadien-Styrol-Terpolymerisate, Acrylester-Styrol-Acrylnitril-Terpolymere, Polymethylmethacrylate, Acrylglas, Polyvinylcarbazole, Polyamide oder Polycarbonate verwendet. Bevorzugt sind insbesondere Polyester, wie Polyethylenterephthalate (PET), oder Polyamide.

Als Duroplaste finden insbesondere Epoxidharze, Epoxidharze enthaltende oder daraus bestehende Kunststoffe, Phenol-Formaldehydharze, Harnstoff-Formaldehydharze, Melamin-  
15 Formaldehydharze, Melamin-Phenol-Formaldehydharze, ungesättigte Polyesterharze, Polyimide oder Polyurethane Anwendung. Bevorzugt sind Epoxidharze oder Vinylester.

Die Einlegeteile sind beispielsweise aus Metall und können aus Eisen-, Nicht-Eisenmetallen, wie Eisen, verzinktes Eisen, Stahl, Messing, Aluminium und seine Legierungen  
20 gen oder Magnesium und seine Legierungen sein. Vorzugsweise werden Einlegeteile aus Aluminium oder seinen Legierungen, aus Stahl oder verzinktem Eisen verwendet.

Die Einlegeteile können auch Schichtverbunde aus mindestens zwei Schichten sein, wobei mindestens eine Schicht aus einem der oben genannten Metallen ist. Aus der Reihe der Schichtverbunde werden vorzugsweise Sandwichelemente mit Deckschichten aus einem  
25 Metall, vorzugsweise aus Aluminium oder seinen Legierungen, Stahl oder verzinktem Eisen, sowie einem Kern aus Kunststoff, beispielsweise ein Kern aus einem Elastomer oder vorzugsweise aus einem Thermoplast oder Duroplast verwendet. Solche Verbundmaterialien werden beispielsweise unter den Markennamen Carbond® und Hylite® vertrieben.

Die Grösse bzw. die Längenausdehnung solcher Einlegeteile kann beispielsweise im Bereich  
30 von 1 - 20 cm liegen, wobei insbesondere bandförmige Einlegeteile entlang der Seiten von Kunststoffbauelementen von 20 cm bis zu Längen im Meterbereich reichen können. Grundsätzlich gibt es insbesondere bezüglich der Längenausdehnung der Einlegeteile weder eine obere noch eine unter Begrenzung.

Die Wanddicke, insbesondere der Metalleinlegeteile bzw. der Aluminiueinlegeteile, beträgt vorteilhaft 1 - 10 mm, zweckmässig 2 - 7 mm, bevorzugt 3 - 5 mm. Wanddicken ab  
35 rund 7 mm sind bei besonders grossen Belastungen vorgesehen. Die Einlegeteile werden

vorteilhaft rund 5 - 60 mm, zweckmässig 5 - 20 mm, bevorzugt 10 - 15 mm tief in das Kunststoffteil eingebettet.

Die Kopplungsschicht besteht aus einem verstärkten Kunststoff, zweckmässig aus einem faserverstärkten Kunststoff enthaltend eine oder mehrere der vorgenannten Faserarten, wobei aus Kostengründen insbesondere glasfaserverstärkte Kunststoffe, bevorzugt E-Glasfasern ("low alkali" bzw. "electrical-grade") verwendet werden. Bevorzugt sind jedoch auch Kohlenstoff- oder Aramidfasern, insbesondere HT-Kohlenstofffasern ("High Tenacity"), oder eine Kombination der genannten Fasern. Der Fasergehalt der Kopplungsschicht liegt zweckmässig im Bereich von 20 - 70 Vol.-%, insbesondere von 35 - 60 Vol.-% und bevorzugt im Bereich von 45 - 55 Vol.-%.

Die Kopplungsschicht kann eine Kunststoffmatrix aus einem Thermoplast oder einem Duroplast nach einer der vorgenannten Kunststoffarten enthalten. Die Matrixmaterialien der Kopplungsschicht und des Kunststoffwerkstoffes des Kunststoffbauelementes müssen nicht zwingend dieselben sein. Die Kopplungsschicht kann beispielsweise aus einem verstärkten Duroplast sein, während der Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes aus einem verstärkten Thermoplast ist oder umgekehrt. Vorzugsweise enthalten die Kopplungsschicht und der Kunststoffwerkstoff dieselbe Kunststoffmatrix.

Die Oberflächen der Einlege Teile aus Metall, auch Metallverbinder genannt, bzw. die Metalloberflächen der Schichtverbunde, insbesondere Oberflächen aus Aluminium oder seinen Legierungen, werden zur Verbesserung des Haftvermögens der Kopplungsschicht an den entsprechenden Flächen zweckmässig einer Behandlung unterzogen.

Die Oberfläche wird beispielsweise mittels Chromat-Phosphat-Verfahren, Chromat-Verfahren (z.B. Gelb-, Grün- oder Transparentchromatisierung), Chromat-Protein-Verfahren oder Phosphatier-Verfahren mit einem chemisch erzeugten Überzug versehen. Weiters kann die Oberfläche auch anodisch oder chemisch oxidiert werden, um das Haftvermögen nachfolgender Schichten zu verbessern. Ist der Metallverbinder aus Stahl, kann das Entfetten und/oder das Aufrauen der Metalloberfläche, beispielsweise durch Anschmiegeln oder Feststoff-Bestrahlen, unter Umständen als Oberflächenbehandlung genügen. Auch die Oberflächen von Nicht-Aluminiummetallen können mit einem chemisch erzeugten Überzug versehen werden, welcher beispielsweise nach einem der oben genannten geeigneten Verfahren erzeugt wird. Im weiteren können die Metalloberflächen auch mit einem Primer bzw. einem Haftvermittler, wie Silanen oder verdünnten Klebern, versehen werden.

Die als Verbindungsschnittstellen funktionierenden und aus dem Kunststoffbauelement herausragenden Flächenbereiche des Einlege teils verfügen unter Berücksichtigung der verwendeten Befestigungsmittel bevorzugt bereits über die optimale Gestalt. Die Oberflächen sind

vorteilhaft entsprechend den zu erwartenden elektrochemischen (Korrosion) oder chemischen Einflüssen entsprechend vorbehandelt.

Die Kopplungsschicht dient als Gradientschicht zwischen dem Einlegeteil und dem Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes. Nachfolgend wird der Einfachheit halber nur noch von Kunststoffwerkstoff geschrieben, wobei darunter der Hauptbestandteil eines erfindungsgemässen Kunststoffbauelementes zu verstehen ist.

Unter Gradientschicht ist im vorliegenden Text folgendes zu verstehen: Werden zwei unterschiedliche Werkstoffe miteinander verbunden, so ändern sich in der Regel an deren Verbindungsflächen eine oder mehrere physikalische Grössen wie Dichte, Elastizität oder Wärmeausdehnung sprunghaft, was zu den bekannten Nachteilen wie Rissbildung, Ablösen der Verbindungsstellen, etc. führt. Dies kann vermieden werden, indem eine Gradientschicht in der Form einer Zwischenschicht, einer sogenannten Kopplungsschicht, eingeführt wird, welche sich dadurch auszeichnet, dass die betreffenden physikalischen Grössen zwischen den zu verbindenden Werkstoffen wie beispielsweise Kunststoff und Metall gleichmässig oder graduell bzw. abgestuft ändern und auf diese Weise eine Angleichung an die physikalischen Grössen der angrenzenden Werkstoffe stattfindet. Damit werden markante, sprunghafte Änderungen dieser physikalischen Grössen an den Verbindungsflächen abgebaut oder reduziert.

In vorliegender Erfindung erfüllt die Kopplungsschicht unter anderem zwei Aufgaben:

1. Sie dient als Gradientschicht in Bezug auf die unterschiedlichen Elastizitäten zwischen dem Kunststoffwerkstoff und dem Einlegeteil.
2. Sie dient als Gradientschicht in Bezug auf die unterschiedliche Wärmedehnung zwischen dem Kunststoffwerkstoff und dem Einlegeteil.

Die Kopplungsschicht kann zur Erfüllung lediglich einer oder beider der oben genannten Aufgaben eingesetzt werden. Vorzugsweise dient sie jedoch als Gradientschicht sowohl in Bezug auf die Elastizität als auch in Bezug auf die Wärmedehnung, wobei die Kopplungsschicht vorzugsweise primär zur Angleichung der Wärmedehnzahlen dient, da letztere Kenngrösse unter Umständen den bedeutenderen Einfluss auf die Festigkeit und Qualität des Werkstoffverbundes bzw. Kunststoff-Metall-Verbundes ausübt als die unterschiedlichen Module.

Im weiteren dient die Kopplungsschicht fallweise auch zur Verhinderung von Kontaktkorrosion zwischen den Metall-Einlegeteilen, insbesondere jenen aus Aluminium, aber auch jenen aus Stahl oder Eisenmetallen, und den Kohlenstofffasern des Kunststoffbauteils. Die

Kopplungsschicht enthält hier, insbesondere an den Kontaktstellen zum Metallverbinder, vorzugsweise Glasfasern als Verstärkungsfasern.

Das Einlegeteil kann in einem separaten Fertigungsschritt mit der Kunststoff-Kopplungsschicht beschichtet werden.

- 5 Die Gradientwirkung in der Kopplungsschicht bezüglich der Wärmedehnzahl und des E-Moduls wird unter anderem durch die Wahl des Faservolumengehaltes, der Faserart und insbesondere durch das gezielte Ausrichten der Fasern oder Faserlagen im Schichtverbund, erreicht.

Eine Erhöhung des Faservolumengehaltes führt in der Regel zu einer Erhöhung der Steifig-  
10 keit bzw. zu einer abnehmenden Elastizität des Kunststoffes. Weiters bewirkt die Erhöhung des Faservolumengehaltes in der Regel eine Abnahme der Wärmedehnzahl.

Bei der Verwendung von CFK-Bauelementen, d.h. Kunststoffbauelemente mit einem kohlefasernverstärkten Kunststoffwerkstoff, mit einem Fasergehalt von zweckmässig 40-70 Vol-% und Metallverbindern aus Aluminium oder Magnesium oder aus einer Legierung, wenig-  
15 stens eines dieser Metalle enthaltend, kann der Fasergehalt der Kopplungsschicht zweckmässig rund 5-20 Vol-% und insbesondere 5-15 Vol-% tiefer liegen als im CFK-Bauelement.

Faserarten wie Kohlenstofffasern weisen zudem einen etwa 5- bis 6mal so hohen E-Modul auf wie Glasfasern. Zwischen Glasfasern und Kohlenstofffasern liegt hinsichtlich des E-  
20 Moduls die Aramidfaser. Weiters kann die Wärmedehnzahl in der Kopplungsschicht ebenfalls durch die Faserart mitbeeinflusst werden. Kohlenstofffasern weisen beispielsweise eine kleinere Wärmedehnzahl auf als Glasfasern.

In CFK-Bauelementen mit Metallverbindern aus Aluminium oder Magnesium oder aus einer Legierung, wenigstens eines dieser Metalle enthaltend, enthält die Kopplungsschicht, insbe-  
25 sondere an den Kontaktflächen zum Metallverbinder, beispielsweise Glasfasern, insbesondere E-Glasfasern.

Besonders geeignet als Fasern in der Kopplungsschicht sind sogenannte HT (High-Tenacity)-Kohlenstofffasern. Diese zeichnen sich durch eine vergleichsweise hohe Zugfestigkeit aus. HT-Kohlenstofffasern werden insbesondere eingesetzt, wenn die Kunststoffstruktur sogenannte HM (High-Modulus)-Kohlenstofffasern enthält, welche sich im Ver-  
30 gleich zu HT-Kohlenstofffasern durch einen höheren E-Modul und eine tiefere Zugfestigkeit auszeichnen, und der Metallverbinder aus Aluminium oder Magnesium oder aus einer Legierung, wenigstens eines dieser Metalle enthaltend, besteht.

In den nachfolgend beschriebenen Ausführungsvarianten besteht der Kunststoffwerkstoff aus einem faserverstärkten Kunststoff und das Einlegeteil bevorzugt aus einem der vorgeannten Metalle. Die Kopplungsschicht besteht aus einem faserverstärkten Kunststoff.

In einer ersten Ausführungsvariante ist die Kopplungsschicht ein nicht laminierter und im wesentlichen homogener Faserverbund mit zufälliger Faserausrichtung. Die physikalischen Grössen wie E-Modul und Wärmedehnzahl, auch Wärmedehnwert genannt, liegen in einem Wertebereich zwischen den E-Moduls und Wärmedehnwerten der an die Kopplungsschicht angrenzenden Werkstoffe aus Metall bzw. Kunststoff. Die Kopplungsschicht weist vorzugsweise Mittelwerte dieser Grössen auf. Dadurch werden die Grössenänderungen der E-Module und der Wärmedehnzahlen auf mindestens zwei Kontaktflächen verteilt und somit an den einzelnen Verbindungsflächen reduziert. Der E-Modul und Wärmedehnwert werden unter anderem durch die Wahl des Faservolumengehaltes und der Faserart bestimmt.

In einer weiteren Ausführungsvariante ist die Kopplungsschicht ein Faserverbund mit gradueller Faserverteilung, in welchem die Fasern jedoch zufällig und lokal im wesentlichen gleichmässig in der Matrix orientiert sind. Solche Kopplungsschichten wie auch die der obigen ersten Ausführungsvariante werden beispielsweise in einem Thermoplastspritzgussverfahren, Faserspritz-Verfahren, in einem Pressverfahren wie "Bulk-Transfer-Moulding-Compound"-Verfahren (BMC-Verfahren), "Dought-Transfer-Moulding-Compound"-Verfahren (DMC-Verfahren) oder "Sheet-Transfer-Moulding-Compound"-Verfahren (SMC-Verfahren), auf die vorgesehenen Verbindungsflächen des Einlegeteils aufgebracht. Ein besonders geeignetes Spritzgussverfahren ist das sogenannte "Reinforced Reaction Injection Moulding" (RRIM)-Verfahren (siehe: Kunststoffkompendium, Vogel Fachbuch, 1990, S. 211ff, 229ff). Die graduelle Zunahme bzw. Abnahme des E-Moduls und der Wärmedehnzahl innerhalb der Kopplungsschicht wird in diesem Beispiel vorteilhaft durch die Änderung des Faservolumengehaltes und der Faserart in der Kopplungsschicht erreicht.

In einer weiteren Ausführungsvariante ist die Kopplungsschicht selbst laminiert, das heisst sie ist aus Faserlagen aufgebaut und stellt einen Faserschichtverbund dar, wobei hierzu insbesondere Herstellungsverfahren wie "Resin-Transfer-Moulding" (RTM) oder wie SMC mit beispielsweise harzgetränkten Matten oder Geweben, d.h. mit sogenannten Prepregs, angewendet werden. Der Schichtaufbau kann auch durch teilweises oder vollständiges Handlaminieren erfolgen (siehe: Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe, Michaeli/Wegener, Karl Hanser Verlag, S. 41 ff).

Die graduelle Änderung der Elastizität, Steifigkeit bzw. der Wärmedehnzahl wird hier nicht nur durch den Faservolumengehalt, die Faserart oder Faserlänge in den Lagen sondern ganz wesentlich durch die Orientierung der einzelnen Fasern in den Faserlagen in Bezug auf die

Hauptbelastungsrichtung (Zug-, Druckspannung) am Metallverbinder erreicht. Dazu werden beispielsweise Faserlagen verwendet deren mechanische Werte, d.h. die Ausrichtung der Fasern, vorzugsweise in einer Richtung (parallel liegende Rovings), oder auch in zwei Richtungen (Gewebe, Gelege) oder in mehrere Richtungen (multiaxiale Gelege) betont sind.

5 Die exakte Ausrichtung in Hauptrichtung der einwirkenden Kräfte entspricht einer Faserorientierung von  $0^\circ$ . Die exakte Ausrichtung der Fasern quer zur Hauptrichtung der einwirkenden Kräfte entspricht einer Faserorientierung von  $\pm 90^\circ$ .

An vergleichsweise höher elastischen Metallverbindern (im Vergleich zum Kunststoffelement), beispielsweise Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen, liegen vorzugsweise

10 schubweichere Faserlagen an. D.h. die Ausrichtung der Fasern liegt zweckmässig im Bereich von  $-70^\circ$  bis  $-30^\circ$  bzw.  $+30^\circ$  bis  $+70^\circ$ , bevorzugt von  $-60^\circ$  bis  $-30^\circ$  bzw.  $+30^\circ$  bis  $+60^\circ$  und besonders bevorzugt von  $-50^\circ$  bis  $-40^\circ$  bzw.  $+40^\circ$  bis  $+50^\circ$ .

Die Fasern verlaufen insbesondere bei einem ausgerichteten Faserlagenaufbau vorzugsweise immer parallel zur Längsfläche des Einlegeteils. In den nachfolgenden Ausführungen gilt

15 somit als vorausgesetzt, dass die ausgerichteten Fasern unter anderem im wesentlichen parallel zur Längsfläche der Einlegeteile liegen.

An vergleichsweise niedriger elastischen Metallverbindern, beispielsweise gewisse Stahlsorten, liegen zweckmässig die weniger schubweichen Faserlagen mit Faserorientierungen von beispielsweise  $-20^\circ$  bis  $+20^\circ$ , vorzugsweise  $-10^\circ$  bis  $+10^\circ$ , an.

20 Die Orientierung der Fasern bzw. Faserlagen in der Kopplungsschicht an der Kontaktfläche zum Kunststoffwerkstoff richtet sich zweckmässig nach der Orientierung der an der Kontaktfläche liegenden Fasern oder Faserlagen im Kunststoffwerkstoff. Die Abweichung zwischen diesen beiden Faserorientierungen an der Grenzfläche Kunststoffwerkstoff/-Kopplungsschicht ist zweckmässig kleiner als  $\pm 60^\circ$  und bevorzugt kleiner als  $\pm 45^\circ$ .

25 Die Faserzwischenlagen in der Kopplungsschicht weisen beispielsweise Faserorientierungen auf, welche zwischen den in den jeweils äussersten Faserlagen vorliegenden Werten der Faserorientierung liegen.

Es können auch Schichtsysteme aufgebaut werden, welche sich durch mehrmals wiederholende Abfolgen von Faserlagen mit unterschiedlichen Faserausrichtungen auszeichnen.

30 Im allgemeinen zeigt die Änderung des Faservolumengehaltes in der Kopplungsschicht einen weniger grossen Einfluss auf das Wärmedehnverhalten und die Elastizität als die gezielte Ausrichtung der Fasern, weswegen letztere Methode bevorzugt ist.

Ein Faserschichtsystem einer Kopplungsschicht ist beispielsweise wie folgt aufgebaut:  $[(0^\circ/+45^\circ/-45^\circ)_x]_{\text{sym}}$ , wobei  $0^\circ$  der Richtung der auf das Einlegeteil einwirkenden Haupt-

kräfte entspricht, die in der Regel parallel zur Längsfläche des Einlegeteils verlaufen, und die in runde Klammern gefassten Winkelangaben einer dreiteiligen Faserlagenabfolge mit entsprechenden Orientierungen der Fasern entsprechen. "x" stellt eine natürliche Zahl (unter Ausschluss von 0) dar und steht für die Anzahl der unmittelbar aufeinanderfolgenden, dreiteiligen Faserlagenabfolgen in der Kopplungsschicht, wobei  $x = 1$  genau einer solchen Faserlagenabfolge entspricht. Solche Abfolgen von Faserlagen werden, wie in der Laminationstechnik üblich, symmetrisch geschichtet. "sym" steht für einen spiegelsymmetrischen Aufbau der in eckige Klammern gesetzten, sich unter Umständen wiederholenden Faserlagenabfolgen, wobei die Symmetrieebene bei dünneren Kopplungsschichten vorzugsweise in der Mittellängsebene des Einlegeteils liegt und bei dickeren Kopplungsschichten vorzugsweise durch eine zur Längsfläche bzw. zur Mittellängsebene des Einlegeteils parallel in der jeweiligen Kopplungsschicht liegenden Fläche gebildet wird. Dabei ist zu beachten, dass bei den vergleichsweise elastischeren Metallverbindern aus Aluminium- oder Magnesiumwerkstoffen immer die schubweicheren Faserlagen am Metallverbinder anliegen.

Die Faserausrichtung in den Faserlagen liegt hier zweckmässig in einem Wertebereich von  $[(-10^\circ \text{ bis } +10^\circ / +30^\circ \text{ bis } +60^\circ / -30^\circ \text{ bis } -60^\circ)_x]_{\text{sym}}$ . Bevorzugt ist eine Abfolge von 2 bis 4 Faserlagen und insbesondere 3 Faserlagen. Möglich sind aber auch Lagenabfolgen mit bedeutend mehr oder weniger als drei Faserlagen. Die Anzahl x der Faserlagenabfolgen ist bevorzugt 1, sie kann jedoch beinahe beliebig gross sein, zweckmässig ist sie jedoch kleiner 7 und idealerweise kleiner 3.

Möglich sind auch unmittelbare Abfolgen von mehreren Faserschichtsystemen der vorgenannten Art, wobei sich die einzelnen Schichtsysteme bevorzugt durch unterschiedliche Faser- und/oder Kunststoffmaterialien aber auch durch unterschiedliche Ausrichtungen der Faserlagen in den betreffenden Faserlagenabfolgen unterscheiden können:

$[(0^\circ / +45^\circ / -45^\circ)_x]_{\text{sym}} // [(0^\circ / +60^\circ / -60^\circ)_x]_{\text{sym}}$

Die Faserschichtsysteme werden in der Schreibweise durch "/" voneinander abgegrenzt. Die Spiegelsymmetrieebenen der einzelnen Faserschichtsysteme liegen in diesem Fall jeweils in der Kopplungsschicht und verlaufen vorzugsweise parallel zu den Längsflächen der Einlegeteile. Im obigen Beispiel enthält das eine Faserschichtsystem Glasfasern und das andere HT-Kohlenstofffasern, wobei bei vergleichsweise elastischen Metallverbindern aus Aluminium oder Magnesium die Glasfaserlagen bevorzugt am Metallverbinder anliegen.

Die Dicke der Kopplungsschicht beträgt vorteilhaft 0,4 - 4 mm, zweckmässig 0,5 - 3 mm, bevorzugt 0,8 - 2,5 mm. Insbesondere an den Spitzen und den Längsflächenenden der Einlegeteile kann die Kopplungsschicht in längsflächen-paralleler Richtung ein Mehrfaches der vorgenannten Schichtdicken betragen. An diesen Stellen gilt es, die besonders hohen Spitz-

zen des Steifigkeitssprunges abzubauen und das Flächenträgheitsmoment in die Kopplungsschicht auslaufen zu lassen, um die Ermüdungsfestigkeit zu erhöhen.

Weiters ist zu beachten, dass die Klebstoffschicht bzw. die Matrixschicht der Kopplungsschicht zwischen dem Metallverbinder und den ersten Fasern bzw. Faserlagen nicht allzu  
5 dick ist, da beim Aushärten der Kopplungsschicht der Klebstoff schrumpft und die Verbindungsfläche tendenziell schwächt. Die genannte Klebstoffschichtdicke ist zweckmässig kleiner als 0,6 mm, vorzugsweise 0,1 - 0,5 mm, idealerweise rund 0,3 mm.

Die Kopplungsschicht kann im weiteren auch Füllstoffe der oben beschriebenen Art enthalten. So kann die thermische Ausdehnung durch Beigabe von Zusätzen mit geringer Wärme-  
10 ausdehnung wie z.B. Quarzmehl oder Metallpulver beeinflusst werden. Die mechanische Festigkeit kann beispielsweise durch Zugabe von Sand, Metallspänen, Textilflocken etc. beeinflusst werden.

Der Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes kann in einer ersten Ausführungsvariante ein Faserverbund mit beispielsweise Endlos- oder Langfasern vorzugsweise CF  
15 (Kohlenstofffasern), insbesondere High-Modulus-CF sein, in welchem die Fasern zufällig und im wesentlichen gleichmässig in der Matrix orientiert sind. Die Kunststoffbauelemente werden beispielsweise in einem Thermoplastspritzgussverfahren, in einem "Bulk-Transfer-Moulding-Compound"-Verfahren (BMC-Verfahren) oder einem "Dought-Transfer-Moulding-Compound"-Verfahren (DMC-Verfahren), hergestellt, wobei bevorzugt ein  
20 BMC-Verfahren angewendet wird.

Eine bevorzugte zweite Ausführungsart sind Kunststoffwerkstoffe bestehend aus einem Faserschichtverbund, welcher beispielsweise Endlos- oder Langfasern vorzugsweise CF, insbesondere High-Modulus-CF in Form von textilen Flächengebilden enthält. Die Kunststoffbauelemente werden beispielsweise in einem RTM-Verfahren oder SMC-Verfahren mit  
25 bevorzugt harzgetränkten Matten, Geweben, d.h. mit sogenannten Prepregs, hergestellt. Der Schichtaufbau kann auch durch teilweises oder vollständiges Handlaminieren erfolgen, wobei insbesondere die Handlamination ein sehr aufwendiges, teures und wenig bevorzugtes Verfahren ist.

Die Guss- bzw. Presswerkzeuge sind derart ausgestaltet, dass sie Einlegeteile aufnehmen  
30 können und diese während dem Giess- bzw. Pressvorgang in einem definierten Bereich fest mit dem Kunststoffwerkstoff verbunden werden.

Der vorstehende und nicht in den Kunststoffwerkstoff zu integrierende Abschnitt des bereits mit der Kopplungsschicht versehenen Einlegeteils wird beispielsweise vorgängig an gewünschter Stelle formschlüssig in eine Kavität im Werkzeug bzw. in der Gussform einge-

führt, so dass die Kunststoffmasse während des Guss- oder Pressvorganges nicht in die Kavität eindringen kann und dieser Abschnitt des Einlegeteils frei bleibt.

Die Zugfestigkeit an den Verbindungsflächen zwischen Kunststoffwerkstoff und Einlegeteil im Kunststoffbauteil kann dank der beschriebenen Kopplungsschicht beispielsweise derjenigen von Aluminium entsprechen.

Bei glasfaserverstärkten Kunststoffbauelementen kann je nach Laminierung des Kunststoffwerkstoffes auf eine Kopplungsschicht verzichtet werden. Dies setzt jedoch voraus, dass die E-Module und die Wärmedehnzahlen im Werkstoffübergang keine markanten, sprunghaften Änderungen erfahren. In dieser Ausführungsvariante werden die Unterschiede in der Steifigkeit der beiden Werkstoffe insbesondere durch die Formgebung des Metallverbinders, wie nachfolgend beschrieben, reduziert.

Die Abminderung des Steifigkeitssprunges im Metall-Kunststoff-Verbund kann auch durch die Reduktion des Flächenträgheitsmomentes des Einlegeteils, insbesondere des Flächenträgheitsmomentes des Verbundabschnittes, verbessert werden. Dies betrifft insbesondere Einlegeteile aus Stahl oder dickwandige Einlegeteile beispielsweise aus Aluminium oder Magnesium, welche eine höhere Steifigkeit aufweisen als das Kunststoffbauteil.

Durch die Ausgestaltung der Form des Einlegeteils soll sein Flächenträgheitsmoment tief gehalten werden. Der Verbundabschnitt des Einlegeteils wird beispielsweise fingerförmig ausgestaltet. Eine vorteilhafte Ausführungsform ist die kammartige Ausbildung der Finger, wobei diese beispielsweise in der Form von Streifen parallel zueinander angeordnet und gleichmässig breit ausgebildet sind oder sich gegen deren freien Ende hin verjüngen. Die Fingerlänge beträgt beispielsweise 5 - 50 mm, vorteilhaft 7 - 20 mm, vorzugsweise 10 - 15 mm, und die Fingerdicke beträgt beispielsweise 1 - 10 mm, vorzugsweise 3 - 5 mm. Die Finger bzw. Streifen des Verbundabschnittes können als Fransen durch Einschneiden des Einlegeteiles gestaltet sein, so dass keine Zwischenräume bzw. Abstände zwischen den einzelnen Streifen entstehen oder es können Abstände bzw. Ausnehmungen zwischen den Fingern bzw. Streifen ausgebildet sein, welche beispielsweise der Breite der Finger oder Streifen entsprechen. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform liegt in einer fingerförmigen Fächerung der Streifen und deren Verjüngung gegen das freie Ende hin. Durch die fingerförmige Auffächerung des Einlegeteiles erhält man einen zusätzlichen Ankerungseffekt.

Der Verbundabschnitt kann auch gelocht sein, wobei der Lochanteil je nach gewünschter Steifigkeit variiert werden kann. Die Steifigkeit kann beispielsweise durch eine gitterförmige Ausbildung des Verbundabschnittes besonders stark reduziert werden. Die damit verbundene Oberflächenvergrößerung bewirkt zudem einen besseren Werkstoffverbund zwischen dem Verbundabschnitt und dem Kunststoffwerkstoff. Im weiteren kann die Steifigkeit des

Einlegeteils auch durch die Verringerung der Wanddicke reduziert werden. Die oben genannten Formgestaltungen, welche sich durch eine Reduktion der Steifigkeit des Einlegeteils auszeichnen, sind auch geeignet, um thermo-mechanische Spannungen aufgrund unterschiedlicher Wärmedehnzahlen auszugleichen oder zu dämpfen.

- 5 Die exakte Formgestaltung zur Reduktion des Flächenträgheitsmomentes ist jedoch im wesentlichen von der Art der Belastung des Einlegeteiles abhängig, z.B. ob auf dieses hauptsächlich Zug-, Torsions- oder Scherkräfte wirken.

Scharfe Kanten und spitze Ecken an den Verbundabschnitten der Einlegeteile werden vorzugsweise vermieden. Die betreffenden Kanten und Ecken der Einlegeteile werden deshalb  
10 zweckmässig angefast, abgeschrägt und/oder abgerundet. Zur Erreichung einer optimalen Festigkeit und Krafteinleitung in die Kunststoffstruktur werden insbesondere dickwandige Einlegeteile, beispielsweise ab 5 mm, in einem Verhältnis  $x:y$ , welches vorteilhaft zwischen 1:40 und 1:5, vorzugsweise zwischen 1:30 und 1:10 liegt und idealerweise rund 1:20 beträgt, angefast. Das Verhältnis  $x:y$  stellt den Tangens des spitzen Winkels  $\alpha$  dar, welcher  
15 durch eine Parallelstrecke zur Mittellängsachse  $z$  und der die beiden Endpunkte der Anfassung verbindenden Gerade eingeschlossen wird.

Die erfindungsgemässen Kunststoffbauelemente können über die Einlegeteile bzw. Metallverbinder mit beinahe beliebigen mechanischen Verbindungstechniken an eine angrenzende Metallstruktur, an Verbundteile oder andere Kunststoffbauelemente befestigt werden. Die  
20 Verbindungen können mittels Durchsetzfügeverfahren nach TOX, Böllhof oder Ecköld, mittels Nietverfahren wie Stanznieten, Scherzugnieten oder konventionellen Nietverfahren, mittels Schrauben, oder mittels Schweißen, wie Metall-Inertgasschweißen (MIG-Schweißen), Wolfram-Inertgasschweißen (TIG-Schweißen), Punktschweißen, Reibschweißen, erfolgen. Vorzugsweise wird ein Schweißverfahren angewendet, bei welchem  
25 die Wärmeeinbringung in das Kunststoffbauelement möglichst gering gehalten werden kann wie dies beispielsweise beim Laserstrahlschweißen der Fall ist. Ist die angrenzende Struktur ein Verbundwerkstoff, so eignet sich beispielsweise auch das Impulsschweißverfahren, insbesondere das Ultrapuls-Schweißverfahren.

Das erfindungsgemässe Kunststoffbauelement mit Einlegeteil ist herstellbar dadurch, dass  
30 das Einlegeteil aus Metall an dem die Kopplungsschicht anzubringenden Flächenbereichen einer haftverbessernden Oberflächenbehandlung unterzogen wird und mit einer Kopplungsschicht aus faserverstärktem Kunststoff versehen wird und das Einlegeteil mit dem aus dem Kunststoffbauelement herauszuragenden Abschnitt formschlüssig in eine Kavität der Gussform oder des Presswerkzeuges eingeführt wird und das Kunststoffbauelement in einem  
35 Giess- oder Pressverfahren geformt und der mit der Kopplungsschicht versehene Verbund-

dabschnitt des Einlegeteils in den Kunststoffwerkstoff einlaminieren wird und mit diesem eine formschlüssige Verbindung eingeht.

Vorliegende Erfindung weist den Vorteil auf, dass in einem kostengünstigen Herstellungsverfahren Kunststoffbauelemente aus einem verstärkten Kunststoffwerkstoff mit Einlageteilen als Verbindungsschnittstellen hergestellt werden können, welche sich durch eine sehr hohe Festigkeit und Belastbarkeit der Verbindungsstellen auszeichnen. Dadurch können flächige, band- oder blechförmige Einlageteile mit hoher Festigkeit in das Kunststoffbauelement eingebaut werden. Dies erlaubt dem Konstrukteur Elemente anderer Baugruppen an beliebigen Stellen am Einlegeteil des Kunststoffbauelements anzubringen, wobei die Befestigungsart ebenfalls frei gewählt werden kann. Im weiteren können dank der vorliegenden Erfindung Kunststoffbauelemente für Funktionen eingesetzt werden, bei welchen bis anhin das Bauteil an seinen Verbindungsschnittstellen den hohen Belastungen und Beanspruchungen nicht Stand hielt. Dank der Kopplungsschicht wird zudem die mögliche Gefahr beseitigt, dass vor allem Einlageteile aus Aluminium durch einen elektrolytischen Kontakt mit Kohlenstofffasern zu korrodieren beginnen.

In den nachfolgenden drei Beispielen werden bevorzugte Ausführungsformen von erfindungsgemässen Kunststoffbauelementen aus faserverstärktem Kunststoffwerkstoff mit über eine Kopplungsschicht einlaminieren Einlageteilen aus Metall (Metallverbinder) dargelegt. Dabei sind

20  $\alpha$ : Wärmeausdehnungskoeffizient in der Einheit 1/K (K: Kelvin);

E: E-Modul in Hauptzugrichtung in der Einheit GPa (GPa: Giga-Pascal).

### Beispiel 1

#### Metallverbinder

25 Werkstoff: Aluminiumblech AA6060 (AlMgSi0.5 gemäss DIN)

$$\alpha = 23,4 \times 10^{-6}$$

$$E = 73$$

#### Kopplungsschicht:

Werkstoff: GFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und Glasfasern

30 Fasergehalt: ca. 50 Vol-%

Aufbau der Faserlagen und ihre Ausrichtung in der Kopplungsschicht:

$$[(0^\circ/+45^\circ/-45^\circ)_x]_{\text{sym}}, \text{ wobei } x = 1 \text{ ist}$$

und die  $-45^\circ$ -Lage am Metallverbinder zu liegen kommt.

$$\alpha = 12,0 \times 10^{-6}$$

$$E = 30$$

Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes:

- 5      Werkstoff: Unidirektionales CFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und  
         HT (High Tenacity)-Kohlenstofffasern  
         Fasergehalt: ca. 60 Vol-%

$$\alpha \rightarrow 0$$

$$E = 180$$

**10 Beispiel 2**

Metallverbinder

Werkstoff: Aluminiumblech AA6060 (AlMgSi0.5 gemäss DIN)

$$\alpha = 23,4 \times 10^{-6}$$

$$E = 73$$

**15**      Kopplungsschicht:

Werkstoff: CFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und HT (High Tenacity)-  
         Kohlenstofffasern  
         Fasergehalt: ca. 50 Vol-%

Aufbau der Faserlagen und ihre Ausrichtung in der Kopplungsschicht:

- 20       $[(0^\circ/+45^\circ/-45^\circ)_x]_{\text{sym}}$ , wobei  $x = 1$  ist,  
         und die  $-45^\circ$ -Lage am Metallverbinder zu liegen kommt.

$$\alpha = 12,0 \times 10^{-6}$$

$$E = 125$$

**25**      Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes:

Werkstoff: Unidirektionales CFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und HM  
         (High Modulus)-Kohlenstofffasern  
         Fasergehalt: ca. 60 Vol-%

$$\alpha \rightarrow 0$$

- 30       $E = 180$

**Beispiel 3**

Metallverbinder

Werkstoff: Stahlblech ST 14

$$\alpha = 13,0 \times 10^{-6}$$

$$E = 206$$

5 Kopplungsschicht:

Werkstoff: CFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und HT (High-Tenacity)-Kohlenstofffasern

Fasergehalt: ca. 50 Vol-%

Aufbau der Faserlagen und ihre Ausrichtung in der Kopplungsschicht:

- 10  $[(0^\circ/+45^\circ/-45^\circ)_x]_{\text{sym}}$ , wobei  $x = 1$  ist,  
und die  $0^\circ$ -Lage am Metallverbinder zu liegen kommt.

$$\alpha = 12,0 \times 10^{-6}$$

$$E = 125$$

15 Kunststoffwerkstoff des Kunststoffbauelementes:

Werkstoff: Unidirektionales CFK-Laminat mit Epoxidharzmatrix und HM (High-Modulus)-Kohlenstofffasern

Fasergehalt: ca. 60 Vol-%

$$\alpha \rightarrow 0$$

20  $E = 180$

- In allen Beispielen weist der faserverstärkte Kunststoffwerkstoff eine gegen den Wert Null strebende Wärmedehnzahl  $\alpha$  auf ( $\alpha \rightarrow 0$ ). Die durchschnittlichen Wärmedehnzahlen der Kopplungsschichten sind jeweils kleiner als jene der entsprechenden Metallverbinder und grösser als jene des entsprechenden Kunststoffwerkstoffes. In den Beispielen 1 und 2 liegen  
25 diese Werte ungefähr zwischendrin. Das in Beispiel 3 verwendete Stahlblech weist hingegen eine verhältnismässig tiefe Wärmedehnzahl auf, weswegen die Kopplungsschicht diesbezüglich mit einer gegenüber dem Stahlblech nur wenig geringeren Wärmedehnzahl einen kleineren Angleichungseffekt bewirkt.

- Die E-Module der Kopplungsschichten aus den oben gezeigten Beispielen sind Mischwerte.  
30 Die Angleichung des E-Moduls ist im Vergleich zur Wärmedehnzahl von sekundärer Bedeutung, weswegen in den Beispielen 1 und 3 der Anpassung des E-Moduls weniger Bedeutung geschenkt wurde. Beispiel 2 zeigt eine Kopplungsschicht, welche sowohl in Bezug auf die Wärmedehnzahlen als auch in Bezug auf die E-Module einen graduellen Übergang zwischen Metallverbinder und Kunststoffwerkstoff herstellt.

Im folgenden wird die Erfindung beispielhaft anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1: einen Querschnitt durch ein Kunststoffbauelement mit Einlegeteil;
- Fig. 2: einen Querschnitt durch einen Endabschnitt eines angefasten Einlegeteils;
- 5 Fig. 3: einen Querschnitt durch ein Kunststoffbauelement mit T-förmigen Einlegeteil;
- Fig. 4: eine perspektivische Ansicht eines Kunststoffbauelements mit einem bandförmigen Einlegeteil;
- Fig. 5: einen Längsschnitt durch ein Kunststoffbauelement mit einem fingerförmigen Einlegeteil;
- 10 Fig. 6a: eine Seitenansicht eines weiteren Einlegeteils;
- Fig. 6b: einen Querschnitt durch ein Einlegeteil gemäss Fig. 6a;
- Fig. 6c: einen vergrösserten Querschnitt durch die Bohrung im Einlegeteil gemäss Fig. 6b;
- Fig. 7: eine Seitenansicht eines weiteren bandförmigen Einlegeteils;
- 15 Fig. 8: eine Seitenansicht eines weiteren fingerförmigen Einlegeteils.

Fig. 1 zeigt ein Kunststoffbauelement 55 mit Einlegeteil 3 in Querschnittsansicht. Das Einlegeteil 3 besteht aus einem Aluminiumblech. Die Wanddicke beträgt rund 4 mm und das Einlegeteil 3 ist mit seinem Verbundabschnitt 33 rund 10 mm tief in den Kunststoffwerkstoff 1 eingebettet. Der Kunststoffwerkstoff 1 ist ein CFK-Schichtverbundlaminat mit  
20 Epoxidharzmatrix. Die Kohlenstofffasern sind als Rovings mit parallel liegenden Fasern (Endlosfasern) in der Matrix eingebettet. Der Fasergehalt beträgt rund 60 Vol-%. Der Kunststoffwerkstoff 1 und das Einlegeteil 3 werden über die Kopplungsschicht 2 aus GFK miteinander verbunden. Die Wärmelängsdehnung des Einlegeteils in Fig. 1 ist grösser als die Wärmequerdehnung, weswegen am vorderen Ende des Einlegeteils 3 die Kopplungsschicht  
25 2 in der Längsdehnungsrichtung dicker ausgestaltet ist.

Fig. 3 zeigt ein CFK-Bauelement 56 mit einem T-förmigen Einlegeteil 8 in Querschnittsansicht. Der Verbundabschnitt 31 ist über die Kopplungsschicht 7 aus CFK mit dem Kunststoffwerkstoff 6 verbunden. Das Einlegeteil 8 ist ursprünglich flächenförmig und erhält durch einen oder mehrere seitlichen Einschnitte zwei oder mehrere sogenannte Laschen.  
30 Diese werden um rund 90° nach aussen, jeweils alternierend nach rechts und nach links gebogen. Dadurch entsteht ein in Querschnittsansicht T-förmiges Ankerelement. Der Biegungswinkel kann jedoch auch beliebig grösser oder kleiner 90° sein. Die T-Form des Einlegeteils 8 führt zu einer ausgezeichneten Verankerung im Kunststoffwerkstoff 6, wodurch das Einlegeteil 8 höheren Belastungen ausgesetzt werden kann. Der Verankerungseffekt  
35 kann auch durch andere Querschnittsformen wie beispielsweise Hakenformen, Trapezfor-

men oder gezahnte Oberflächen erzielt werden. Weiters kann das Einlegeteil 8 auch Ankelemente der oben genannten Art und weitere mehr, wie z.B. Kegelformen, als Anformungen, enthalten.

Das Einlegeteil 8 kann ein Längsprofil sein, das vorzugsweise durch Strangpressen hergestellt wird.

Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht eines CFK-Bauelementes 57 mit einem bandförmigen Einlegeteil 13 aus Aluminium, welches über eine Kopplungsschicht 12 aus GFK mit dem Kunststoffwerkstoff 11 verbunden ist. Ausgerichtete Faserlagen in der Kopplungsschicht 12 verlaufen im wesentlichen parallel zur Längsfläche 35 des Einlegeteils 13. Das Kunststoffbauteil 57 kann beispielsweise wannenförmig und als Bodengruppe für Fahrzeuge ausgebildet sein. Die an seinen seitlichen, vertikalen Flanken einlaminieren bandförmigen Einlegeteile 13 werden beispielsweise mit seitlichen Schwellern oder Profilen verschweisst. Die Achse A zeigt die Hauptrichtung der Zug- und Druckkräfte, die auf das Einlegeteil 13 und im wesentlichen auch auf alle anderen beschriebenen Einlegeteile wirken.

Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch ein Kunststoffbauelement 58 mit einem fingerförmigen Einlegeteil 18 aus Aluminium. Der Verbundabschnitt 30 ist über die Kopplungsschicht 17 aus faserverstärktem Kunststoff mit dem Kunststoffwerkstoff 16 verbunden. Die Form des Einlegeteils 18 bewirkt eine Reduktion der Steifigkeit des Einlegeteils 18, womit auch der Steifigkeitssprung an den Verbindungsflächen reduziert wird. Die einzelnen Finger des Einlegeteils 18 können parallel nebeneinander verlaufen oder aufgefächert sein. Eine Auffächerung wie sie in Fig. 4 dargestellt ist bewirkt analog zum T-förmigen Querschnitt einen Ankerungseffekt im Kunststoffwerkstoff 16.

Die Aussenflächen der im Kunststoffwerkstoff 11 liegenden Endabschnitte der Einlegeteile 13 sind angefast oder angeschrägt, wodurch die Kanten gebrochen werden.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Endabschnitt 22 eines Einlegeteils 21. Der Endabschnitt wird durch den Beginn der Anfasung am Punkt P definiert. Die Anfasung bzw. Abschrägung der Kanten wird derart gewählt, dass der Tangens des durch die Geraden R-P und R-Q eingeschlossenen spitzen Winkels  $\alpha$  einem Verhältnis  $x : y = 1 : 20$  entspricht. Die Anfasung zwischen den Punkten P und R muss nicht zwingend einer Geraden entsprechen. Der Streckenquerschnitt P-R kann beispielsweise auch eine parabolische Form aufweisen eine Riffelung beinhalten oder sonst eine zweckmässige Formgestaltung annehmen. Für die gegenüberliegende Seite des Einlegeteiles 21 gemäss Fig. 2 gelten entsprechend dieselben oben genannten Bedingungen. Die Ecken und Kanten können im weiteren lokal noch abgerundet werden.

Fig. 6a und 6b zeigen eine weitere Ausgestaltung eines Einlegeteils 40. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass der Verbundabschnitt eine oder eine Mehrzahl von Bohrungen 42 bzw. Ausnehmungen aufweist, durch welche Verstärkungsfasern bzw. Faserstränge 41 geführt werden, wodurch beim Einlaminieren des Einlegeteiles 40 in den Kunststoffwerkstoff eine Verschlaufung des Einlegeteiles 40 in den Kunststoffwerkstoff erzielt wird. Zweckmässig werden hierzu trockene Faserrovings bzw. Faserstränge 41 oder Garne, vorzugsweise 12K-Rovings verwendet. Die einzelnen Spinnfäden von rund 6 - 12  $\mu\text{m}$  Durchmesser sind dabei zweckmässig zu Garnen von rund 1 - 3 mm Durchmesser verarbeitet. Die Fasern bestehen idealerweise aus Glas oder Kohlenstoff, vorzugsweise jedoch aus Aramid bzw. Kevlar®, welche besonders biegsam und elastisch sind. Die Fasern werden beim Einlaminieren des Einlegeteiles 40 insbesondere mit ihren freien, vom Einlegeteil 40 wegführenden Enden tief in die Matrix des Kunststoffwerkstoffes eingebunden und mit dieser verklebt, wodurch ein äusserst inniger und zäher Werkstoffverbund entsteht.

Die halbe Faserlänge  $h$  entspricht in etwa der Eindringtiefe des Verbundabschnittes. Sie kann beispielsweise rund 5 - 70 mm, zweckmässig rund 10 - 50 mm betragen. Die Faserstränge 41 wirken krafteinleitend und verankern das Einlegeteil 40 zusätzlich im Kunststoffwerkstoff. Die Rovings 41 können weiters auch fächerartig um das Einlegeteil 40 angeordnet sein, wodurch das Einlegeteil 40 verbessert allgemein Zug- und Druckkräfte mit in der Längsfläche des Einlegeteils 40 liegenden Kraftvektoren in das Kunststoffbauteil einleiten kann. Pro Bohrung 42 können auch mehrere Rovings 41 durchgezogen werden. Die Rovings können vor dem Einlaminieren durch Kleben oder ähnliche Befestigungstechniken zusätzlich am Einlegeteil 40 fixiert werden.

Die Bohrungen 42 bewirken im weiteren eine Reduktion des Flächenträgheitsmomentes des Einlegeteiles 40. Das beschriebene Einlegeteil 40 kann zusätzlich eine erfindungsgemässe Kopplungsschicht aufweisen.

Die Bohrwände 45 der Bohrungen 42 des Einlegeteil 40 sind zweckmässig gratfrei (siehe Fig. 6c), damit die Fasern eine möglichst grosse kraftaufnehmende Auflagefläche erhalten und verschleissbeständig sind. Dies gilt insbesondere für Einlegeteile 40 mit einer Wanddicke von grösser als 2-3 mm. Der Kurvenradius  $r$  der entgrateten Bohrwände 45 entspricht rund der Hälfte der Wanddicke  $s$ .

Weitere Ausführungsvarianten der unter Fig. 6a-c beschriebenen Einlegeteile mit Schlaufenverbindungen sind möglich, wobei Einlegeteile mit beliebigen Formen und Abmessungen, vorzugsweise jedoch insbesondere jene in dieser Anmeldung beschriebenen Formen, verwendet werden können. Bevorzugt werden insbesondere bandförmige Einlegeteile 43 (Fig. 7) und fächerartig oder parallel gefingerte Einlegeteile 44 (Fig. 8). Die Anzahl der

Bohrungen 42 oder Schlaufenverbindungen bzw. Faserrovings 41 pro Flächeneinheit ist beliebig variabel, sie kann jedoch unter anderem von der Beanspruchung des Einlegeteils 40, 43, 44, den Abmessungen des Kunststoffbauteiles und der Wirtschaftlichkeit abhängig gemacht werden.

## Ansprüche

1. Kunststoffbauelement aus einem Kunststoffwerkstoff und einem oder mehreren Einlegeteilen mit einem Verbundabschnitt, wobei die Einlegeteile im Vergleich zum Kunststoffwerkstoff gleiche oder unterschiedliche Steifigkeiten und/oder Wärmedehnzahlen aufweisen,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass  
das Kunststoffbauelement (56) wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist:
  - a.) das Einlegeteil (8) ist mit dem Kunststoffwerkstoff (6) über eine Kopplungsschicht (7) aus Kunststoff verbunden und die Kopplungsschicht (7) führt eine graduelle oder gleichmässige Angleichung des die Steifigkeit bestimmenden E-Moduls und/oder der Wärmedehnzahl zwischen dem Kunststoffwerkstoff (6) und dem Einlegeteil (8) herbei und/oder  
10
  - b.) die Ausgestaltung der Form des Verbundabschnittes (31) des Einlegeteils (8) bewirkt eine Abmilderung des Steifigkeitssprunges am Werkstoffverbund und/oder  
15
  - c.) das Einlegeteil (8) weist Ankerelemente auf oder besteht aus einem solchen,  
wobei der Werkstoffverbund zwischen dem Kunststoffwerkstoff (6) und dem Einlegeteil (8) eine verbesserte Festigkeit und Dauerhaftigkeit aufweist und höhere Belastungen aushält.
- 20 2. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungsschicht (7) einen verstärkten Kunststoff in einer Epoxidharzmatrix, insbesondere einen faserverstärkten Kunststoff, vorzugsweise einen GFK, insbesondere E-Glasfasern enthaltend, oder einen CFK, insbesondere HT-Kohlenstofffasern enthaltend, oder ein Gemisch von CFK und GFK, mit einem Fasergehalt von zweckmässig 30 - 70 Vol.-% und  
25 vorzugsweise von 45 - 60 Vol.-%, enthält.
3. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffwerkstoff (6) einen verstärkten Kunststoff in einer Epoxidharzmatrix, insbesondere einen faserverstärkten Kunststoff, vorzugsweise einen GFK oder CFK, insbesondere mit HM-Kohlenstofffasern, oder ein Gemisch von GFK und CFK, mit einem Fasergehalt  
30 von zweckmässig 40 - 70 Vol.-% und vorzugsweise von 55 - 65 Vol.-%, enthält.
4. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlegeteil (8) Metalle, insbesondere Aluminium, Magnesium oder eine wenigstens Aluminium oder Magnesium enthaltende Legierung, Stahl oder verzinktes Eisen enthält.

5. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlegeteil (8) aus Aluminium, Magnesium oder aus einer wenigstens Aluminium oder Magnesium enthaltenden Legierung besteht, und der Kunststoffwerkstoff durch Fasern, insbesondere durch Kohlenstofffasern, verstärkt ist und einen Fasergehalt von 40 Vol.-% bis 70 Vol.-% aufweist, und die Kopplungsschicht durch Fasern verstärkt ist, zweckmässig durch Kohlenstofffasern, insbesondere HT-Kohlenstofffasern, oder Glasfasern, insbesondere E-Glasfasern, oder durch ein Gemisch von Kohlenstofffasern und Glasfasern, und der Fasergehalt in der Kopplungsschicht (7) um durchschnittlich 5-15 Vol.-% tiefer liegt als im Kunststoffwerkstoff (6).
6. Kunststoffbauelement nach Anspruch 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Faser-  
volumengehalt der Kopplungsschicht (7) ausgehend vom Kunststoffwerkstoff (6) zum  
Einlegeteil (8) hin graduell oder gleichmässig abnimmt und/oder der Anteil der Glasfa-  
sern im Verhältnis zum Anteil der Kohlenstofffasern zum Einlegeteil (8) hin zunimmt.
7. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlegeteil  
(13) aus Aluminium, Magnesium oder aus einer wenigstens Aluminium oder Magnesi-  
um enthaltenden Legierung besteht, und die Kopplungsschicht (12) ein Faserschicht-  
verbund ist und einen Lagenaufbau von Faserlagen aufweist, wobei die Fasern der ein-  
zelnen Lagen in eine, zwei oder mehrere, vorzugsweise jedoch in eine Richtung und  
vorzugsweise in Parallelrichtung zur Seitenfläche (35) orientiert sind und die dem Ein-  
legeteil (13) nächstliegenden Fasern oder Faserlagen vorzugsweise eine Ausrichtung  
von  $-30^\circ$  bis  $-70^\circ$  oder von  $+30^\circ$  bis  $+70^\circ$  aufweisen, wobei  $0^\circ$  der Richtung der auf das  
Einlegeteil einwirkenden Hauptkräfte entspricht, und die dem Kunststoffwerkstoff (11)  
naheliegenden Fasern bzw. Faserlagen sich an der Orientierung der angrenzenden Fa-  
sern oder Faserlagen im Kunststoffwerkstoff (11) ausrichten, wobei die Abweichung in  
der Faserorientierung zweckmässig kleiner als  $60^\circ$ , bevorzugt kleiner als  $45^\circ$ , ist.
8. Kunststoffbauelement nach Anspruch 2 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern  
im faserverstärkten Kunststoff der Kopplungsschicht (2) als Faserlagen vorliegen, wo-  
bei mehrere Faserlagen ein Faserschichtsystem bilden, und die einzelnen Faserlagen  
oder die einzelnen aus Abfolgen von Faserlagen bestehenden Faserschichtsysteme un-  
terschiedliche Faserarten enthalten, wobei die Faserarten vorzugsweise Kohlenstofffa-  
sern, insbesondere HT-Kohlenstofffasern, und Glasfasern sind, und am Verbundab-  
schnitt (33) wenigstens eine Faserlage aus Glasfasern anliegt.
9. Kunststoffbauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlegeteil  
(8) wenigstens an seiner Oberfläche aus Aluminium oder seinen Legierungen ist, und an

den die Kopplungsschicht aufnehmenden Stellen chemisch behandelt, vorzugsweise phosphatiert, chromatiert, oxidiert oder anodisch oxidiert ist.

10. Kunststoffbauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die metallischen Oberflächen der Einlegeteile (8), an den die Kopplungsschicht (7) aufnehmenden Stellen entfettet und/oder aufgeraut sind.  
5
11. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbundabschnitt (30) des Einlegeteils (18) kammartige, parallel liegende oder fächerförmig angeordnete, Streifen oder Finger oder fingerförmige Formen aufweist, und/oder der Verbundabschnitt (30) Oberflächenvergrößerungen vorzugsweise Lochungen, Ausnehmungen oder gitterförmige Strukturen aufweist.  
10
12. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbundabschnitt (31) des Einlegeteils (8) Ankerelemente, vorzugsweise hakenförmige, T-förmige oder trapezförmige Anformungen, aufweist oder selbst in der Form eines Ankerelementes ausgebildet ist, vorzugsweise durch Abwinkelungen am Verbundabschnitt (31), oder Rauheitsmuster, vorzugsweise Riffelungen, enthält.  
15
13. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlegeteil (40) insbesondere an seinem Verbundabschnitt mit krafteinleitenden Verstärkungsfasern (41) mit freien Enden, vorzugsweise mit Rovings aus Fasern, zweckmässig Aramidfasern, versehen ist, welche in den Kunststoffwerkstoff miteinlaminiert werden und das Einlegeteil (40) im Kunststoffwerkstoff verankern, wobei die einlaminierten Verstärkungsfasern (41) vorzugsweise über eine Schlaufenverbindung mit dem Einlegeteil (40) verbunden sind.  
20
14. Kunststoffbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endabschnitte (22) der Einlegeteile (21) zweckmässig in einem Verhältnis  $x:y$  von 1:30 bis 1:10, vorzugsweise von rund 1:20 angefast sind, wobei das Verhältnis  $x:y$  den Tangens des spitzen Winkels  $\alpha$  darstellt, welcher durch eine Parallelstrecke zur Mittelängsachse  $z$  und der die beiden Endpunkte P, R der Anfasung verbindenden Gerade eingeschlossen wird.  
25
15. Verfahren zur Herstellung von Kunststoffbauelementen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
30  
das Einlegeteil aus Metall (3) ist, und dieses an dem die Kopplungsschicht (2) anzubringenden Flächenbereichen einer haftverbessernden Oberflächenbehandlung unterzogen wird und mit einer Kopplungsschicht (2) aus faserverstärktem Kunststoff versehen wird und das Einlegeteil (3) mit dem aus dem Kunststoffbauelement (1) herauszuragen-

den Abschnitt formschlüssig in eine Kavität der Gussform oder des Presswerkzeuges eingeführt wird und das Kunststoffbauelement (55) in einem Giess- oder Pressverfahren geformt und der mit der Kopplungsschicht (2) versehene Verbundabschnitt (33) des Einlegeteils (3) in den Kunststoffwerkstoff (1) einlaminieren wird und mit diesem eine  
5 formschlüssige Verbindung eingeht.

16. Verfahren zur Herstellung von Kunststoffbauelementen nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungsschicht (2) ein Faserverbund ist und in einem Spritzguss- oder "Sheet-Transfer-Moulding-Compound" (SMC) Verfahren, in einem  
10 "Resin-Transfer-Moulding" (RTM) Verfahren oder in einem "Reinforced Reaction Injection Moulding" (RRIM) Verfahren hergestellt und auf den Verbundabschnitt (33) aufgebracht wird.

17. Verfahren zur Herstellung von Kunststoffbauelementen nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungsschicht (2) ein Faserschichtverbund ist und in einem "Resin-Transfer-Moulding" (RTM) Verfahren oder durch Handlamination auf den  
15 Verbundabschnitt (33) aufgebracht wird.

18. Verfahren zur Herstellung von Kunststoffbauelementen nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffbauteil (55) in einem Spritzgussverfahren, "Sheet-Transfer-Moulding-Compound" (SMC) Verfahren, "Resin-Transfer-Moulding" (RTM) Verfahren oder in einem "Reinforced Reaction Injection Moulding" (RRIM) Verfahren  
20 hergestellt wird.

19. Strassen- und Schienenfahrzeuge, Luftfahrzeuge, Maschinen und Bauten mit wenigstens einem Kunststoffbauelement (55) nach Anspruch 1.

### Zusammenfassung

Einlegeile aus Metall 13 im Kunststoffwerkstoff 11 des Kunststoffbauteil 57 sind mit einer Kopplungsschicht 12 aus faserverstärktem Kunststoff beschichtet, welche die sprunghafte  
5 Änderung der Steifigkeit und/oder der Wärmedehnzahl an den Verbindungsflächen des Werkstoffverbundes Kunststoff - Metall abbaut oder reduziert. Durch die Änderung des Faservolumengehaltes und/oder durch die unterschiedliche Orientierung von Faserschichten innerhalb der Kopplungsschicht 12 wird eine graduelle Änderung des E-Moduls und der Wärmedehnzahl herbeigeführt, wodurch sprunghafte Änderungen dieser Werte an den Ver-  
10 bundflächen vermieden werden können. Der Steifigkeitssprung zwischen Kunststoffwerkstoff 11 und dem Metalleinlegeile 13 wird auch durch das Herabsetzen der Steifigkeit des Einlegeile 13 reduziert, was wiederum durch eine gezielte Formgebung geschieht. Es wird insbesondere eine fingerförmige Auffächerung des Einlegeile 13 im Kunststoffwerkstoff 11 bevorzugt.

15

Fig. 4

Fig. 1

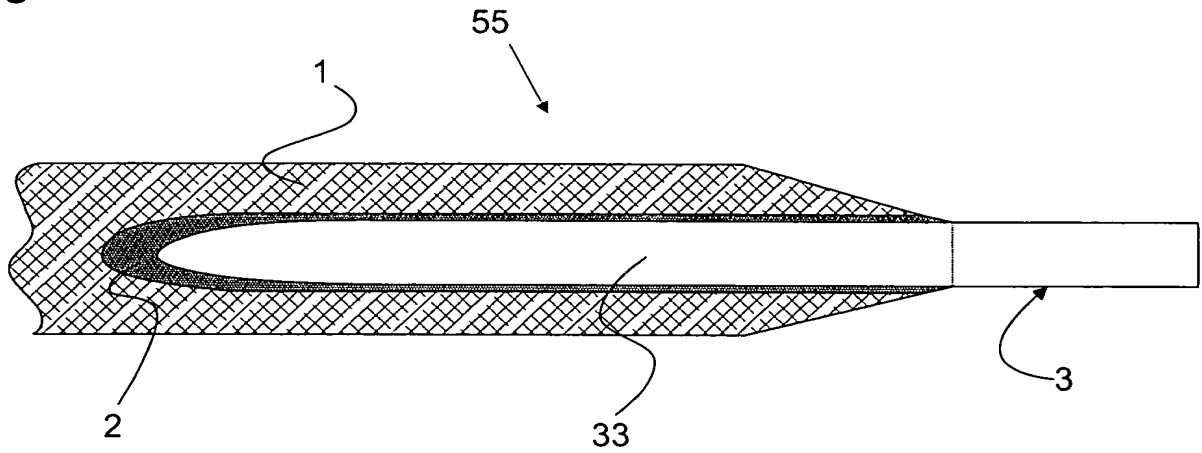


Fig. 2

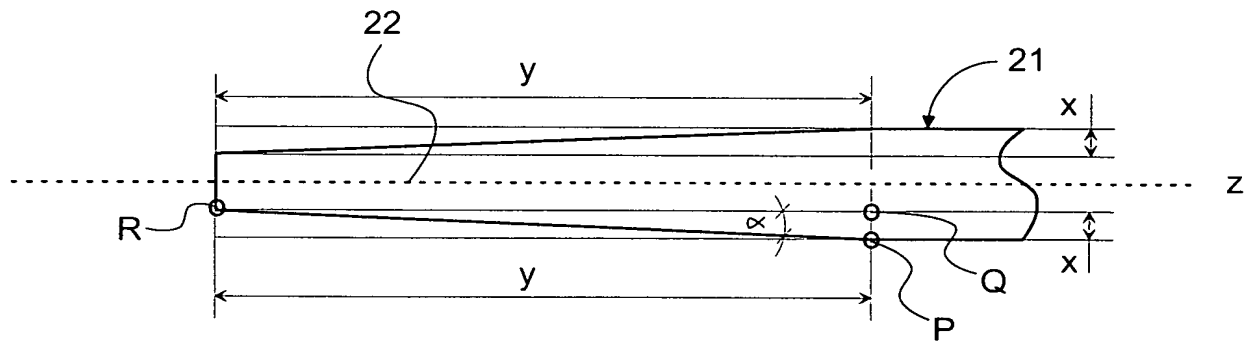


Fig. 3

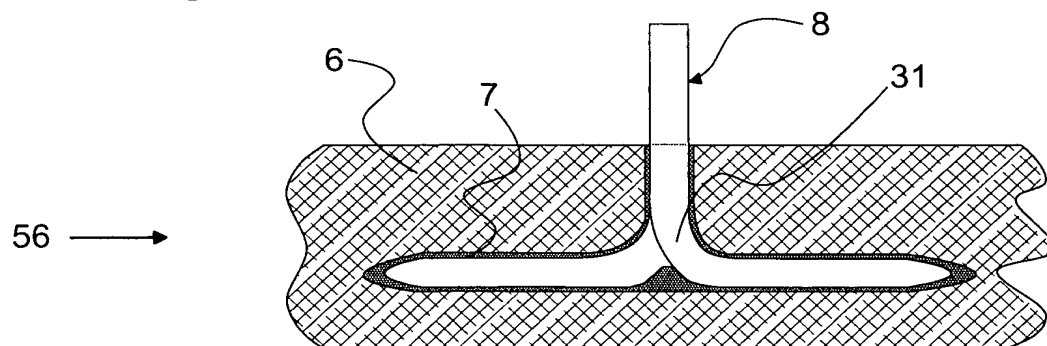


Fig. 4

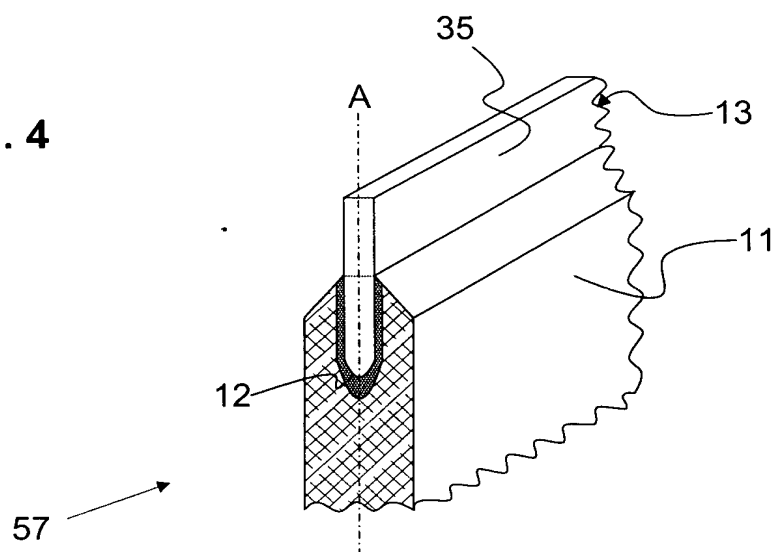
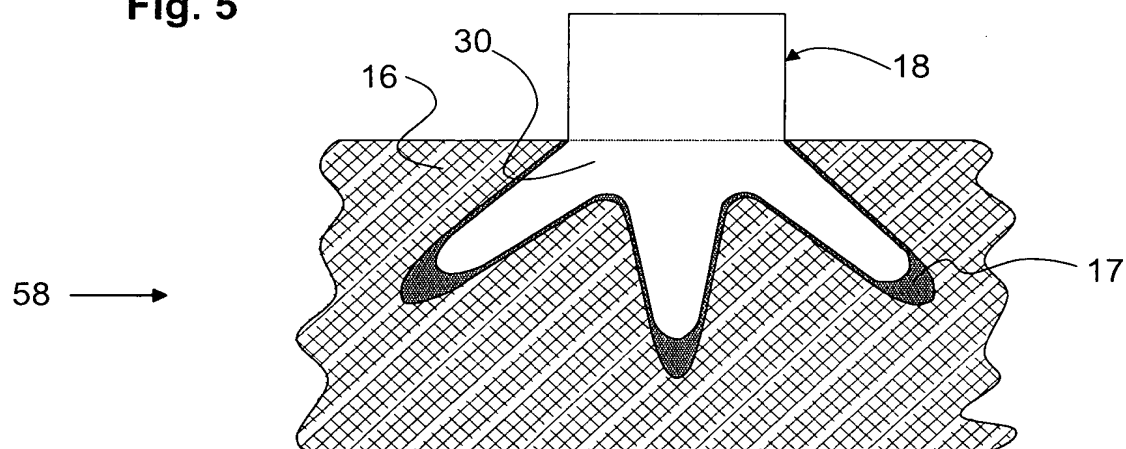
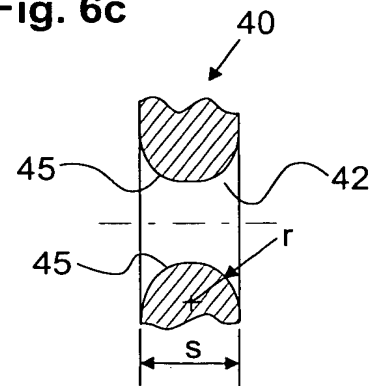


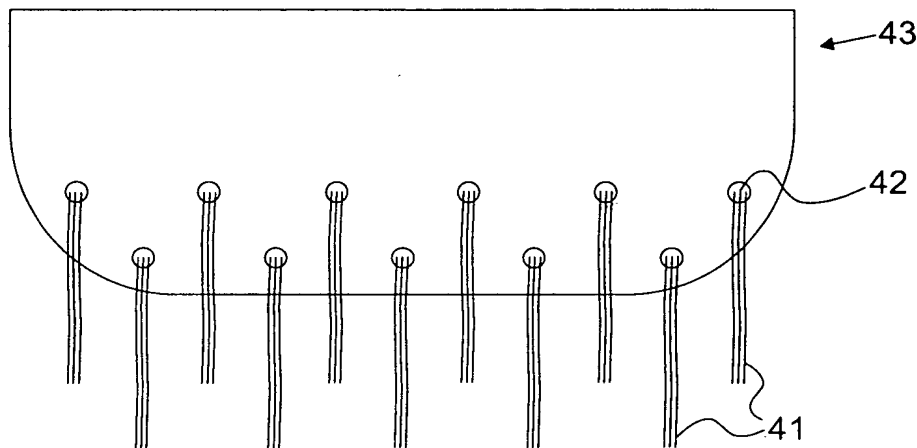
Fig. 5



**Fig. 6c**



← 43



44

